

Mouvement, déformation et sillage de bulles oscillantes confinées entre deux plaques

A. FILELLA^a, P. ERN^a, V. ROIG^a

a. Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), Université de Toulouse
(INPT-UPS) et CNRS
email : afillella@imft.fr

Nous présentons une étude expérimentale sur le mouvement et le sillage d'une bulle oscillante en ascension à grand nombre de Reynolds dans un liquide fortement confiné entre deux plaques espacées de $e = 3$ mm (Filella (2015)). En se basant sur les résultats d'une précédente étude (Roig *et al.* (2012)) dans une configuration similaire mais avec un entrefer plus petit ($e = 1$ mm) pour le même couple de fluides (eau distillée et air), des résultats génériques ont été obtenus pour la déformation moyenne des bulles et leur vitesse moyenne d'ascension sur une large gamme de taille de bulles caractérisée par le diamètre équivalent dans le plan de la cellule d . Plus précisément, nous montrons que la vitesse moyenne d'ascension des bulles V_b est proportionnelle à la vitesse gravitationnelle \sqrt{gd} avec un préfacteur dépendant du rapport de confinement $\Gamma = e/d$: $V_b \simeq 0,75\Gamma^{1/6}\sqrt{gd}$. La déformation moyenne des bulles est caractérisée par le rapport d'aspect moyen de l'ellipse équivalente à la bulle χ . Nous avons montré que cette déformation moyenne est contrôlée par l'inertie et évolue selon la relation suivante : $\chi \simeq 1,12We^{1/2}$, où $We = \rho V_b^2 d / \sigma$ est le nombre de Weber.

De nombreuses lois d'échelle ont été obtenues pour les caractéristiques du mouvement oscillatoire des bulles sur une large gamme de taille de bulles correspondant à des nombres de Reynolds $Re = V_b d / \nu$ compris entre 1000 et 3000. Plus précisément, l'amplitude de la vitesse de rotation de la bulle suit la relation : $\tilde{r} \simeq 0,75V_b/d$, l'amplitude de vitesse transversale de la bulle est $\tilde{V}_t \simeq 0,32\chi V_b$ et la fréquence d'oscillation de la bulle correspond à un temps inertiel basé sur la vitesse transversale maximale, donnant un nombre de Strouhal constant : $St = f d / \tilde{V}_t \simeq 0,27$. Dans ce régime la vitesse axiale évolue avec la vitesse moyenne d'ascension : $V_a \simeq 0,92V_b$. A partir de toutes ces relations, pour un diamètre de bulle et un confinement donné, la cinématique des bulles peut être directement prédite. Ces lois d'échelle montrent également le rôle important de la déformation moyenne des bulles, qui est contrôlée par la taille et la vitesse de la bulle.

Pour analyser les caractéristiques du sillage instationnaire d'une bulle oscillante, des mesures de Vélocimétrie par Images de Particules à Haute Fréquence (PIV HF) ont été réalisées. La structure et l'intensité du sillage de ces bulles ont été analysées grâce à un développement d'outils spécifiques et notamment à travers le suivi de la position, de la vorticité et de la taille des tourbillons (figure 1). L'instant du lâcher tourbillonnaire

correspond à une vitesse transversale maximale de la bulle. La vorticité initiale des tourbillons peut être estimée par $V_b \chi^{3/2}/d$. Une fois lâchés, les tourbillons évoluent en suivant trois phases :

- une décroissance exponentielle de la vorticité sur un temps caractéristique correspondant à la période d'oscillation de la bulle T_x
- aux temps intermédiaires les tourbillons s'apparient d'un même côté de l'allée, laissant l'allée de tourbillons avec une période doublée par rapport à l'allée initialement générée
- la dernière phase correspond à une atténuation du mouvement dans le liquide par frottements visqueux aux parois sur un temps caractéristique $\tau_\nu = e^2/4\nu$.

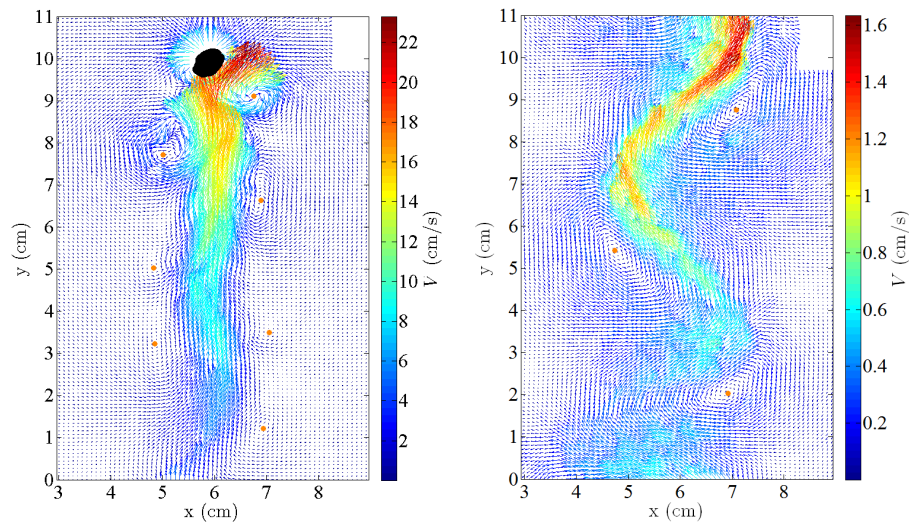


Figure 1: Illustration de l'évolution du sillage d'une bulle oscillante de diamètre équivalent $d \approx 6$ mm, les points oranges correspondent aux centres des tourbillons détectés.

Référence :

- [1] ROIG, V., ROUDET, M., RISSO, F. & BILLET, A.-M. 2012 Dynamics of a high-Reynolds-number bubble rising within a thin gap. *J. Fluid Mech.* **707**, 444–466.
- [2] FILELLA, A. 2015 Mouvement et sillage de bulles isolées ou en interaction confinées entre deux plaques. *Thèse de doctorat Institut National Polytechnique de Toulouse*.